KONINKRIJK DER NEDERLANDEN

Bureau voor de Industriële Eigendom

Hierbij wordt verklaard, dat in Nederland op 30 december 1998 onder nummer 1010921,

ten name van:

KONINKLIJKE KPN N.V.

te Groningen

een aanvrage om octrooi werd ingediend voor:

"Werkwijze en inrichting voor het cryptografisch bewerken van data",

en dat de hieraan gehechte stukken overeenstemmen met de oorspronkelijk ingediende stukken.

Rijswijk, 1 oktober 1999.

De Directeur van het Bureau voor de Industriële Eigendom,
voor deze,

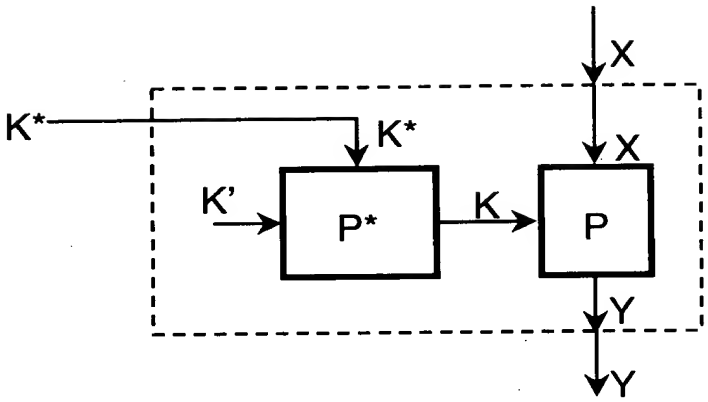
A.W. van der Kruk

UITTREKSEL

Bij het cryptografisch bewerken van data worden deze data (X) en een sleutel (K) aan een cryptografisch proces (P) toegevoerd, dat een bekend proces kan zijn. Teneinde de aard van het proces (P) te versluieren worden aan het proces hulpwaarden toegevoerd, zoals een aanvullende sleutel (K*), met behulp waarvan een aanvullend proces (P*) de eigenlijke sleutel (K) genereert. De combinatie van het oorspronkelijke proces (P) en het aanvullende proces (P*) levert een onbekend proces op, waarbij de relatie tussen de aanvullende sleutel (K*) en de bewerkte data (Y) onbekend is. Hierdoor wordt een betere cryptografische beveiliging verkregen.

(Fig. 2)

7 II



II

1019921

Titel: Werkwijze en inrichting voor het cryptografisch bewerken van data.

ACHTERGROND VAN DE UITVINDING

De uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het cryptografisch bewerken van data, omvattende het aan een cryptografisch proces toevoeren van waarden, te weten de data en een sleutel, en het uitvoeren van het proces teneinde cryptografisch bewerkte data te vormen. Een dergelijke werkwijze is in de praktijk bekend.

Voor het cryptografisch bewerken van data worden in de praktijk vaak algemeen bekende processen toegepast. Voorbeelden van dergelijke cryptografische processen (algoritmen) zijn DES en RSA, die bijvoorbeeld zijn beschreven in het boek "Applied Cryptography" door B. Schneier (2e uitgave), New York, 1996.

Deze processen worden gepubliceerd omdat men ervan uitging dat het, bij een voldoende grote sleutellengte, ondoenlijk zou zijn aan de hand van de bewerkte data de oorspronkelijke data en/of de sleutel te achterhalen, ook al was het cryptografische proces bekend.

Recentelijk zijn echter aanvallen ontdekt die zijn gebaseerd op kennis van het cryptografische proces. Met andere woorden, doordat het gedrag van het proces bekend is wordt het, bij bepaalde aanvallen, aanzienlijk eenvoudiger om de gebruikte sleutel en/of de oorspronkelijke data te herleiden. Het zal duidelijk zijn dat dit ongewenst is.

SAMENVATTING VAN DE UITVINDING

De uitvinding beoogt bovengenoemd probleem op te lossen door een werkwijze en schakeling voor het uitvoeren van een cryptografisch proces aan te geven die het herleiden van de sleutel bij toepassing van een bekend (d.w.z. openbaar) cryptografisch proces aanzienlijk bemoeilijken of zelfs ondoenlijk maken. Een werkwijze van de in de aanhef genoemde soort is hiertoe overeenkomstig de uitvinding gekenmerkt door het aan het proces toevoeren van hulpwaarden teneinde de in het proces gebruikte waarden te maskeren.

Door het maskeren van de data en/of sleutel(s) wordt het aanzienlijk moeilijker deze waarden aan de hand van het gedrag van het proces te herleiden. Het resultaat van het proces, dat wil zeggen de verzameling bewerkte data, kan bij een geschikte keuze van de

8 II

hulpwaarden onveranderd zijn, dat wil zeggen identiek zijn aan het resultaat van het proces indien daar geen hulpwaarden aan zijn toegevoerd. In dit verband wordt onder een "hulpwaarde" een waarde (data of sleutel) verstaan, die in aanvulling op de corresponderende data en sleutel aan het proces wordt toegevoerd.

De uitvinding is derhalve gebaseerd op het inzicht, dat het herleiden van de in een cryptografisch proces gebruikte waarden aanzienlijk gecompliceerd wordt indien deze waarden door middel van hulpwaarden zijn gemaskeerd.

De uitvinding is mede gebaseerd op het verdere inzicht, dat het gebruik van hulpwaarden het resultaat van het proces niet noodzakelijkerwijs beïnvloedt.

In een eerste uitvoeringsvorm van de uitvinding omvat een hulpwaarde een aanvullende sleutel die aan een aanvullend proces wordt toegevoerd teneinde de sleutel te vormen.

Door een combinatie van een bekend proces en een aanvullend proces toe te passen wordt een nieuw, op zich onbekend cryptografisch proces gevormd, zelfs indien het aanvullende proces ook op zich bekend is.

Door de voor het bekende proces gebruikte sleutel (primaire sleutel) af te leiden uit een aanvullende sleutel (secundaire sleutel) met behulp van een aanvullend proces wordt bereikt dat niet de (primaire) sleutel van het bekende proces maar de aanvullende (secundaire) sleutel aan de combinatie van processen wordt aangeboden. Met andere woorden, extern wordt de aanvullende (secundaire) sleutel en niet de werkelijke (primaire) sleutel van het eigenlijke proces gebruikt. Het afleiden van de sleutel uit de oorspronkelijke data en de bewerkte data is daarmee ondoenlijk geworden. Tevens is het afleiden van de aanvullende sleutel ernstig bemoeilijkt, omdat de combinatie van het oorspronkelijke proces en het aanvullende proces niet bekend is.

Deze uitvoeringsvorm van de uitvinding is derhalve onder meer gebaseerd op het inzicht, dat het bekend zijn van een cryptografisch proces ongewenst is, dit in tegenstelling tot wat tot dusver werd aangenomen. Deze uitvoeringsvorm is tevens gebaseerd op het verdere inzicht, dat aanvallen die voortbouwen op kennis van het proces aanzienlijk moeilijker worden indien het proces onbekend is.

Bij voorkeur omvat het aanvullende proces een cryptografisch

proces. Dit maakt het herleiden van de aanvullende sleutel moeilijker. In principe kan echter bijvoorbeeld een eenvoudige codering als aanvullend proces worden toegepast. Bij een cryptografisch proces wordt bij voorkeur een hulpsleutel toegepast.

Met voordeel is het aanvullende proces een inverteerbaar proces. Dit maakt het mogelijk de werkwijze volgens de uitvinding bij bestaande apparatuur met minimale wijzigingen toe te passen. Indien bijvoorbeeld een eerste inrichting een (aanvullende) sleutel afgeeft die in een tweede inrichting overeenkomstig de uitvinding wordt toegepast, kan in de eerste inrichting de inverse van het aanvullende proces worden gebruikt om de aanvullende sleutel uit de oorspronkelijke sleutel af te leiden. Met andere woorden, hoewel in zowel de eerste als de tweede inrichting intern de oorspronkelijke (primaire) sleutel wordt gebruikt, wordt tussen de inrichtingen de aanvullende (secundaire) sleutel uitgewisseld. Het onderscheppen van de aanvullende sleutel leidt echter niet tot kennis van de oorspronkelijke sleutel.

Het kan voordelig zijn als het uitvoeren van het aanvullende proces uitsluitend plaatvindt indien de data vooraf bepaalde eigenschappen bezitten. Op deze wijze kan het cryptografisch bewerken alleen voor bepaalde, geselecteerde data worden uitgevoerd, terwijl dit voor alle andere data is geblokkeerd. Op deze wijze wordt een aanvullende bescherming bereikt.

Een optimale beveiliging wordt geboden indien het proces en het aanvullende proces elk uit een aantal stappen zijn opgebouwd, en waarin afwisselend stappen van het proces en het aanvullende proces worden uitgevoerd. Hierdoor worden de eigenschappen van het bekende proces verder versluierd, waardoor het herleiden van de sleutels verder wordt bemoeilijkt.

In een tweede uitvoeringsvorm van de uitvinding omvat het proces een aantal trappen met elk een cryptografische bewerking voor het bewerken van uit de data afgeleide eerste data en een combinatiebewerking voor het met uit de data afgeleide tweede data combineren van de bewerkte eerste data teneinde derde data te vormen, waarin de eerste data telkens gecombineerd worden met een eerste hulpwaarde. Daardoor is het mogelijk de in de cryptografische bewerking gebruikte data te maskeren.

Bij voorkeur worden de bewerkte eerste data telkens gecombineerd

met een tweede hulpwaarde. Hierdoor is het mogelijk de derde data te maskeren.

Met voordeel is de tweede hulpwaarde van een trap gevormd uit de combinatie van de eerste hulpwaarde van de voorgaande trap en de eerste hulpwaarde van de volgende trap. Hierdoor wordt het mogelijk de eerste hulpwaarde in de telkens volgende trap te compenseren, waardoor deze eerste hulpwaarde niet in het eindresultaat van het proces zal doorwerken. Een verdere maskering van alle data, in het bijzonder in de eerste trap, wordt bereikt indien de eerste hulpwaarde van de eerste trap tevens met de tweede data wordt gecombineerd.

Het is mogelijk de werkwijze volgens de uitvinding zodanig uit te voeren, dat alle eerste hulpwaarden gelijk zijn. Hierdoor is een zeer eenvoudige praktische realisatie mogelijk. Het gebruik van verschillende hulpwaarden, die bij voorkeur toevalsgetallen zijn, biedt echter een grotere cryptografische beveiliging.

Een verdere vereenvoudiging van deze uitvoeringsvorm kan worden verkregen indien de eerste hulpwaarden en/of tweede hulpwaarden telkens vooraf met de respectieve bewerking zijn gecombineerd. Dat wil zeggen, het combineren met hulpwaarden wordt in de betreffende bewerking (bijvoorbeeld een substitutie) verwerkt, zodat het resultaat van de respectieve bewerking gelijk is aan dat van de oorspronkelijke bewerking plus een of twee combinatiebewerkingen met hulpwaarden. Door het vooraf in de bewerking opnemen van de combinatiebewerkingen is een eenvoudiger en snellere praktische realisatie mogelijk.

De genoemde combinatiebewerkingen worden bij voorkeur door middel van een exclusief-of-bewerking uitgevoerd. Andere combinatiebewerkingen, zoals binair optellen, zijn in principe echter ook mogelijk.

De uitvinding verschaft verder een schakeling voor het uitvoeren van een werkwijze voor het cryptografisch bewerken van data. De uitvinding verschaft bovendien een betaalkaart en een betaalterminal die van een dergelijke schakeling zijn voorzien.

De uitvinding zal in het onderstaande aan de hand van in de figuren weergegeven uitvoeringsvoorbeelden nader worden toegelicht.

KORTE BESCHRIJVING VAN DE TEKENINGEN

Fig. 1 toont schematisch een cryptografisch proces volgens de stand van de techniek.

Fig. 2 toont schematisch een eerste cryptografisch proces volgens een eerste uitvoeringsvorm van de uitvinding.

Fig. 3 toont schematisch een tweede cryptografisch proces volgens een eerste uitvoeringsvorm van de uitvinding.

Fig. 4 toont schematisch een wijze waarop de processen van Fig. 1 en 2 kunnen worden uitgevoerd.

Fig. 5 toont schematisch een eerste cryptografisch proces volgens een tweede uitvoeringsvorm van de uitvinding.

Fig. 6 toont schematisch een tweede cryptografisch proces volgens een tweede uitvoeringsvorm van de uitvinding.

Fig. 7 toont schematisch een schakeling waarin de uitvinding wordt toegepast.

Fig. 8 toont schematisch een betaalsysteem waarin de uitvinding wordt toegepast.

VOORKEURSUITVOERINGSVORMEN

Een (cryptografisch) proces P volgens de stand van de techniek is in figuur 1 schematisch weergegeven. Aan het proces P worden ingangsdata X en een sleutel K toegevoerd. Aan de hand van de sleutel K zet het proces P de ingangsdata X om in (cryptografisch) bewerkte uitgangsdata Y: $Y = P_K(X)$. Het proces P kan een bekend cryptografisch proces zijn, zoals DES (Data Encryption Standard), drievoudige DES, of RSA (Rivest, Shamir & Adleman).

Indien de ingangsdata X en de uitgangsdata Y bekend zijn is het in principe mogelijk de gebruikte sleutel K te herleiden. Bij een sleutel met een voldoende grote lengte (d.w.z., een voldoend groot aantal bits) werd het tot nu toe ondoenlijk geacht deze sleutel te herleiden, zelfs indien het proces P bekend was. Ondoenlijk wil in dit geval zeggen dat het in theorie weliswaar mogelijk is, bijvoorbeeld door het proberen van alle mogelijke sleutels, om de gebruikte sleutel te achterhalen, maar dat dit een onbruikbaar lange rekentijd vergt. Een dergelijke aanval met brute kracht ("brute force attack") is daarom nauwelijks een bedreiging voor de cryptografische beveiliging.

Recent ontdekte aanvallen maken echter gebruik van kennis van het proces, waardoor het aantal mogelijke sleutels drastisch kan worden gereduceerd. Het herleiden van de gebruikte sleutel K en/of de ingangsdata X uit de uitgangsdata Y wordt daardoor binnen aanvaardbare rekentijden mogelijk.

Het principe van de uitvinding, die beoogt dergelijke aanvallen aanzienlijk moeilijker en tijdrovender te maken, is in fig. 2 schematisch weergegeven. Evenals in fig. 1 worden aan een (bekend) proces P ingangsdata X en een (geheime) sleutel K toegevoerd om uitgangsdata Y te genereren.

In tegenstelling tot de situatie van fig. 1 wordt in de situatie van fig. 2 de sleutel K vanuit een aanvullend proces P* aan het proces P toegevoerd. Het aanvullende proces P* heeft een aanvullende (secundaire) sleutel K* als ingangsdata om, onder invloed van een hulpsleutel K', de (primaire) sleutel K als uitgangsdata te produceren. De sleutel K wordt dus niet, zoals in de situatie van fig. 1, vanuit een externe bron (bijvoorbeeld een geheugen) aan het proces P toegevoerd, maar wordt door het proces P* voortgebracht uit de aanvullende (secundaire) sleutel K*:

$$K = P^*_{K'}(K)$$

Het is dus de secundaire sleutel K* in plaats van de primaire sleutel K die vooraf is bepaald en die bijvoorbeeld in een sleutelgeheugen (niet getoond) wordt opgeslagen. Overeenkomstig de uitvinding is de primaire sleutel K die aan het proces P wordt toegevoerd niet vooraf bepaald.

De hulpsleutel K' kan een vast opgeslagen, vooraf bepaalde sleutel zijn. Het is ook mogelijk een aanvullend proces P* toe te passen waarin geen hulpsleutel K' wordt gebruikt.

De combinatie van de processen P en P* vormt een nieuw proces, dat schematisch is aangeduid als Q. Aan het proces Q, dat vanwege het aanvullende proces P* op zich onbekend is, worden de ingangsdata X en de (secundaire) sleutel K* toegevoerd om de uitgangsdata Y te produceren. De relatie tussen de secundaire sleutel K* en de primaire sleutel K wordt door het aanvullende proces P* versluierd.

Het aanvullende proces P* is bij voorkeur de inverse van een ander, inverteerbaar proces R. Dat wil zeggen:

$$P^* = R^{-1}.$$

Dit maakt het mogelijk de secundaire sleutel K* met behulp van R en de hulpsleutel K' voort te brengen uit de primaire sleutel K:

$$K^* = R_{K'}(K),$$

zoals later aan de hand van figuur 5 nader zal worden toegelicht. Eventueel kan het nieuwe proces Q worden uitgebreid met het proces R, zodat de primaire sleutel K in plaats van de secundaire sleutel K* aan

het proces Q wordt toegevoerd. De primaire sleutel K wordt in dat geval in het proces Q afgeleid uit:

$$K = P^*_{R'}(K^*) = P^*_{R'}(R_{R'}, (K)).$$

Dit maakt het mogelijk dezelfde (primaire) sleutel te gebruiken als in de stand van de techniek.

Het in fig. 3 schematisch weergegeven cryptografische proces volgens de uitvinding omvat eveneens een proces P met een primaire sleutel K en een aanvullende proces P* met een hulpsleutel K', waarbij de primaire sleutel K door het aanvullende proces P* uit de aanvullende sleutel K* wordt afgeleid. In aanvulling op het proces van fig. 1 worden in dit geval ook de ingangsdata X aan het aanvullende proces P* toegevoerd, zodat de primaire sleutel K mede in afhankelijkheid van de ingangsdata X wordt bepaald:

$$K = P^*_{R'}(K^*, X)$$

Hierdoor wordt een aanvullende cryptografische bescherming gekregen. Bovendien wordt hierdoor de mogelijkheid geboden het aanvullende proces P* uitsluitend uit te voeren indien bepaalde ingangsdata worden aangeboden. Dat wil zeggen, het aanvullende proces P* kan een test van de ingangsdata X omvatten en het uitvoeren van het aanvullende proces P* kan afhangen van het resultaat van die test. Zo kan het aanvullende proces P* bijvoorbeeld slechts worden uitgevoerd als de laatste twee bits van de invoerdata X gelijk zijn aan nul. Het effect van een dergelijke ingangsdata-afhankelijke bewerking is, dat slechts voor bepaalde ingangsdata X de juiste primaire sleutel K zal worden geproduceerd, zodat alleen die ingangsdata de gewenste uitgangsdata Y opleveren. Het zal duidelijk zijn dat de cryptografische veiligheid hierdoor verder wordt vergroot.

In fig. 4 is schematisch de wijze weergegeven waarop deelstappen van de processen P en P* afwisselend kunnen worden uitgevoerd ("interleaving") teneinde de bescherming tegen aanvallen verder te vergroten. De deelstappen kunnen zogenaamde "rondes" omvatten, zoals bijvoorbeeld bij DES het geval is. Bij voorkeur omvatten de deelstappen echter slechts een of enkele instructies van een programma, waarmee de processen worden uitgevoerd.

In een eerste stap 101 wordt een eerste deelstap P_1 van het proces P uitgevoerd. Vervolgens wordt in een tweede stap 102 de eerste deelstap P_1* van het aanvullende proces P* uitgevoerd. Evenzo wordt in een derde stap 103 de tweede deelstap P_2 van het proces P uitgevoerd

enz. Dit gaat door totdat in stap 110 de laatste deelstap P_n* van het aanvullende proces P* is uitgevoerd, waarbij omwille van het voorbeeld ervan is uitgegaan dat de processen P en P* evenveel deelstappen omvatten. Indien dat niet het geval is, wordt in stap 110 de laatste overeenkomstige deelstap uitgevoerd, en worden in verdere stappen de resterende deelstappen uitgevoerd.

Door het afwisselen van de deelstappen van het op zich bekende proces P en het (mogelijk eveneens op zich bekende) proces P* kan een reeks van deelstappen worden verkregen, die niet overeenkomt met die van een bekend proces. De aard van het proces is hierdoor moeilijker te herkennen.

Het in fig. 5 schematisch weergegeven cryptografisch proces omvat een aantal trappen S (S_1, S_2, ...). In elke trap S worden eerste data FD toegevoerd aan een cryptografische bewerking F. Deze cryptografische bewerking kan zelf een aantal deelstappen omvatten, zoals een expansie, een combinatie met een sleutel, een substitutie en een permutatie. De cryptografische bewerking F levert bewerkte eerste data FD', die in een combinatiebewerking C (C_1, C_2, ...) met tweede data SD worden gecombineerd tot derde data TD, die evenals de eerste data FD worden doorgegeven aan de volgende trap. De eerste en tweede data zijn in een voorafgaande bewerking PP afgeleid uit ingangsdata X en kunnen daarbij een voorbereidende permutatie ondergaan. De uitgangsdata van de laatste trap vormen de bewerkte data Y van de werkwijze, eventueel nadat deze een eindbewerking, zoals een uitgangspermutatie, hebben ondergaan. Zoals in fig. 5 is getoond wisselen aan het eind van elke trap S de derde data TD en de eerste data FD van positie, zodat deze respectievelijk de eerste data FD en tweede data SD van de volgende trap vormen.

Overeenkomstig de uitvinding worden de in en tussen de trappen aanwezige data gemaskeerd met hulpwaarden. Zo is in de trap S2 een aanvullende eerste combinatiebewerking AC_1 aanwezig die de eerste data FD_2 combineren met een eerste hulpwaarde A_1 alvorens deze data aan de cryptografische bewerking F worden toegevoerd. Verder is een aanvullende combinatiebewerking BC_2 tussen de cryptografische bewerking F en de combinatiebewerking C_2 ingevoegd met het doel de bewerkte eerste data FD'_2 met een tweede hulpwaarde B_2 te combineren. Bij voorkeur zijn alle combinatiebewerkingen exclusief-of-bewerkingen.

Het combineren van de eerste data FD_2 met de eerste hulpwaarde A

heeft tot gevolg, dat de data die in de cryptografische bewerking F worden bewerkt, worden gemaskeerd. Het combineren met de tweede hulpwaarde B heeft een verdere maskering tot gevolg.

Overeenkomstig een verder aspect van de uitvinding zijn de hulpwaarden A en B gerelateerd. De tweede hulpwaarde B is bij voorkeur door middel van een exclusief-of-bewerking gevormd uit de eerste hulpwaarde A_1 van de vorige trap en de eerste hulpwaarde A van de volgende trap. Dit heeft tot gevolg, dat de eerste hulpwaarde A telkens in de volgende trap wordt gecompenseerd. De eerste hulpwaarde werkt echter wel door in de derde data TD, zodat deze tussen twee trappen gemaskeerd blijven. In de eerste trap S_1 is de tweede hulpwaarde B_1 bij voorkeur gelijk aan de eerste hulpwaarde A_2 van de tweede trap S_2.

In het proces van fig. 6, dat grotendeels overeenkomt met dat van fig. 5, zijn de combinatiebewerkingen AC en BC met de cryptografische bewerking gecombineerd tot een gecombineerde bewerking F'. Het integreren van de combinatiebewerkingen is mogelijk door bijvoorbeeld een substitutietabel van de bewerking F op geschikte wijze aan te passen. Hierdoor kunnen de aanvullende combinatiebewerkingen AC en BC achterwege blijven.

In fig. 7 is schematisch een schakeling 10 voor het ten uitvoer leggen van de werkwijze volgens de uitvinding getoond. De schakeling 10 omvat een eerste geheugen 11, een tweede geheugen 12 en een processor 13, waarbij de geheugens 11 en 12 en de processor 13 door middel van een databus 14 zijn gekoppeld. Door het verschaffen van twee geheugens is het mogelijk telkens een deelstap van een van de processen P en P* uit te voeren (zie fig. 4), het resultaat van die deelstap in bijvoorbeeld het eerste geheugen 11 op te slaan, en vanuit het tweede geheugen 12 een vorig tussenresultaat van het andere proces naar de processor 13 over te brengen. Op deze wijze is het mogelijk het afwisselend berekenen van deelstappen van twee verschillende processen efficiënt uit te voeren.

Het in fig. 8 schematisch weergegeven betaalsysteem omvat een elektronisch betaalmiddel 1 en een betaalstation 2. Het elektronische betaalmiddel 1 is bijvoorbeeld een zogenaamde "smart card", d.w.z. een kaart die van een geïntegreerde schakeling voor het opslaan en verwerken van betaalgegevens is voorzien. Het betaalstation 2 omvat een kaartlezer 21 en een processorschakeling 22. De

processorschakeling 22 kan overeenkomen met de schakeling 10 van fig. 5.

Aan het begin van een transactie draagt het betaalmiddel 1 een identificatie (kaartidentificatie) ID over naar het betaalstation 2. Aan de hand van deze identificatie bepaalt het betaalstation 2 een sleutel die voor deze transactie zal worden gebruikt. Deze identificatie ID kan als ingangsdata X (zie de figuren 1-3) aan een cryptografisch proces worden toegevoerd dat aan de hand van een meestersleutel MK een identificatie-afhankelijke transactiesleutel K_{ID} als uitgangsdata Y produceert. Overeenkomstig de uitvinding wordt hiervoor het in de figuren 2 en 3 weergegeven proces gebruikt, waarbij de meestersleutel MK vooraf met behulp van een proces R is omgezet in een aanvullende meestersleutel MK*. Deze aanvullende meestersleutel MK* wordt nu, bij voorkeur samen met de identificatie ID overeenkomstig fig. 3, toegevoerd aan het aanvullende proces P* teneinde de oorspronkelijke meestersleutel MK te reproduceren en de transactiesleutel K_{ID} uit de identificatie ID af te leiden.

Hoewel in de figuren 2 en 3 steeds een enkel aanvullend proces P* is getoond, kunnen eventueel meerdere processen P*, P**, P***, ... in serie en/of parallel worden gebruikt om de primaire sleutel K af te leiden.

Het zal deskundigen duidelijk zijn dat vele wijzigingen en aanvullingen mogelijk zijn zonder buiten het kader van de uitvinding te treden.

CONCLUSIES

1. Werkwijze voor het cryptografisch bewerken van data, omvattende het aan een cryptografisch proces (P) toevoeren van waarden, te weten de data (X) en een sleutel (K), en het uitvoeren van het proces (P) teneinde cryptografisch bewerkte data (Y) te vormen, gekenmerkt door het aan het proces (P) toevoeren van hulpwaarden (K*; A, B) teneinde de in het proces (P) gebruikte waarden (K; D) te maskeren.

2. Werkwijze volgens conclusie 1, waarin een hulpwaarde een aanvullende sleutel (K*) omvat die aan een aanvullend proces (P*) wordt toegevoerd teneinde de sleutel (K) te vormen.

3. Werkwijze volgens conclusie 2, waarin het aanvullende proces (P*) een cryptografisch proces omvat waaraan een hulpsleutel (K') wordt toegevoerd.

4. Werkwijze volgens conclusie 2 of 3, waarin het aanvullende proces (P*) een inverteerbaar proces is.

5. Werkwijze volgens conclusie 2, 3 of 4, waarin de data (X) tevens aan het aanvullende proces (P*) worden toegevoerd.

6. Werkwijze volgens conclusie 5, waarbij het uitvoeren van het aanvullende proces (P*) uitsluitend plaatsvindt indien de data (X) vooraf bepaalde eigenschappen bezitten.

7. Werkwijze volgens een van de conclusies 2-6, waarin het proces (P) en het aanvullende proces (P*) elk uit een aantal stappen zijn opgebouwd, en waarin afwisselend stappen van het proces (P) en het aanvullende proces (P*) worden uitgevoerd.

8. Werkwijze volgens een van de voorgaande conclusies, waarin het proces (P) een aantal trappen (S) omvat met elk een cryptografische bewerking (F) voor het bewerken van uit de data (X) afgeleide eerste data (FD) en een combinatiebewerking (C) voor het met eveneens uit de data (X) afgeleide tweede data (SD) combineren van de bewerkte eerste data (FD') teneinde derde data (TD) te vormen, en waarin de eerste data (FD) telkens met een eerste hulpwaarde (A) worden gecombineerd.

9. Werkwijze volgens conclusie 8, waarin de bewerkte eerste data (FD') telkens met een tweede hulpwaarde (B) worden gecombineerd.

10. Werkwijze volgens conclusie 8 en 9, waarin de tweede hulpwaarde (B) van een trap gevormd is uit de combinatie van de eerste hulpwaarde (A) van de voorgaande trap en de eerste hulpwaarde (A) van de volgende trap.

11. Werkwijze volgens conclusie 8 of 10, waarin de eerste hulpwaarde

(A) van de eerste trap tevens met de tweede data (SD) wordt gecombineerd.

12. Werkwijze volgens een van de conclusies 8-11, waarin alle eerste hulpwaarden (A) gelijk zijn.

13. Werkwijze volgens een van de conclusies 9-12, waarin de eerste hulpwaarden (A) en/of tweede hulpwaarden (B) telkens vooraf met de respectieve bewerking (F) zijn gecombineerd.

14. Werkwijze volgens een van de conclusies 8-13, waarin het combineren door middel van een exclusief-of-bewerking wordt uitgevoerd.

15. Werkwijze volgens een van de voorgaande conclusies, waarin de data (X) identificatiedata van een betaalmiddel (1) omvatten en de bewerkte data (Y) een gediversificeerde sleutel vormen.

16. Werkwijze volgens een van de voorgaande conclusies, waarin het proces (P) DES omvat, bij voorkeur drievoudige DES.

17. Schakeling (10) voor het uitvoeren van de werkwijze volgens een van de voorgaande conclusies.

18. Betaalkaart (1), voorzien van een schakeling (10) volgens conclusie 17.

19. Betaalterminal (2), voorzien van een schakeling volgens conclusie 17.

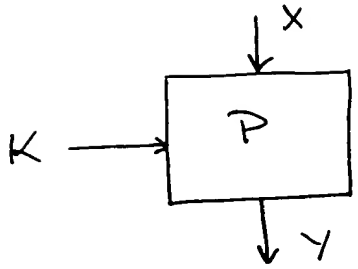


Fig. 1

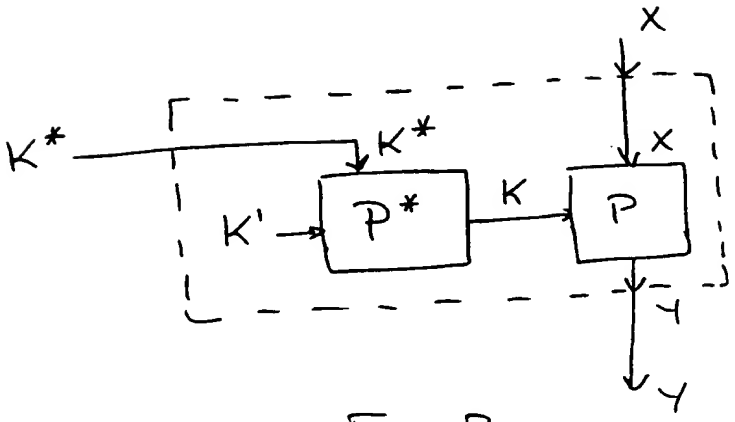


Fig. 2

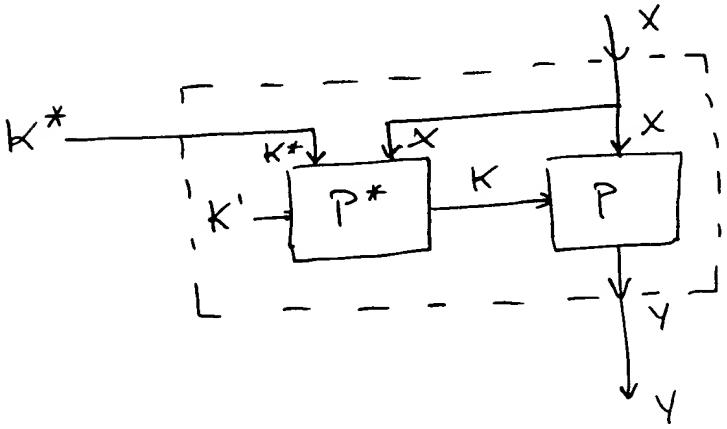


Fig. 3

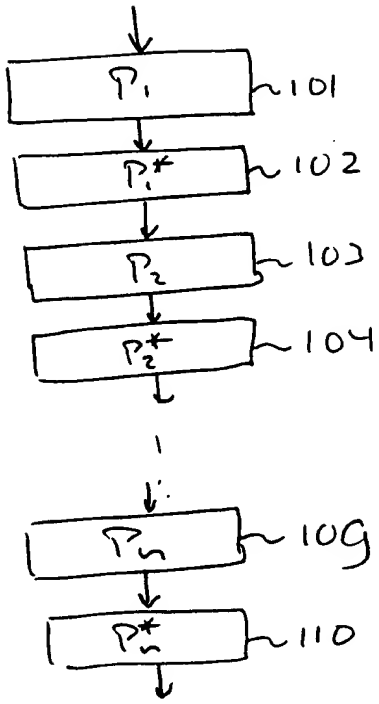


Fig. 4

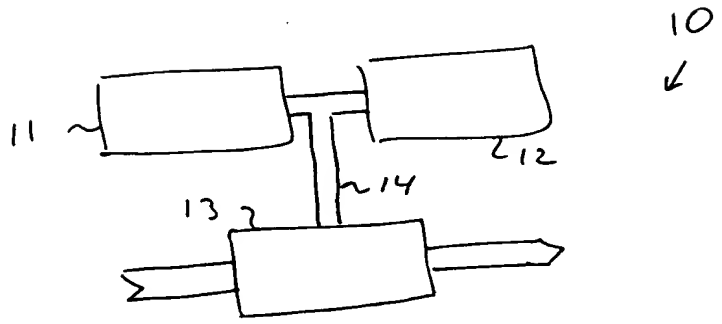


Fig. 7

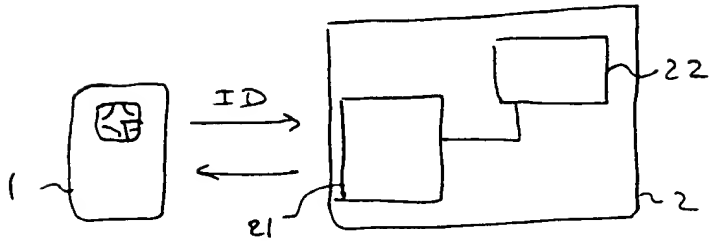


Fig. 8

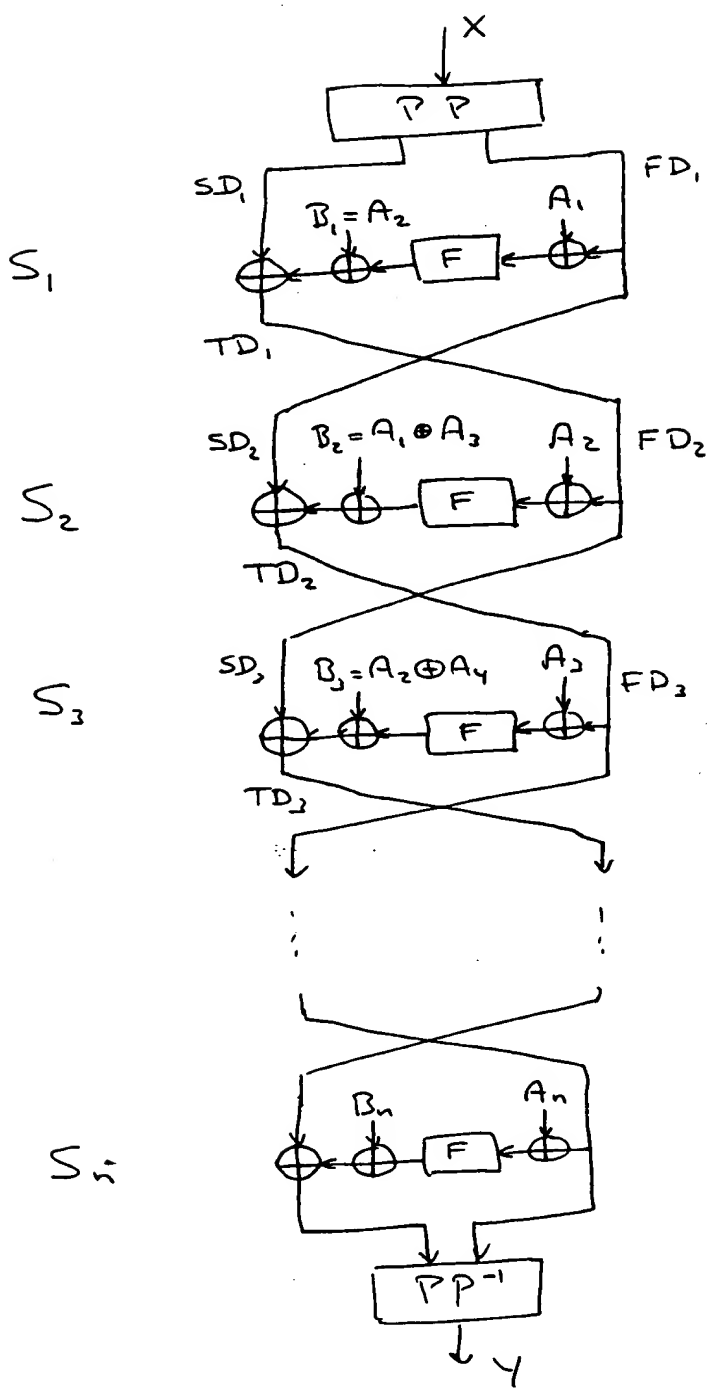

X
PP
SD1
FD1
B1 = A2
A1
F
S1
TD1
SD2
B2 = A1 ⊕ A3
A2
FD2
F
S2
TD2
SD3
B3 = A2 ⊕ A4
A3
FD3
F
S3
TD3
Bn
An
F
Si
PP-1
Y

Fig. 5

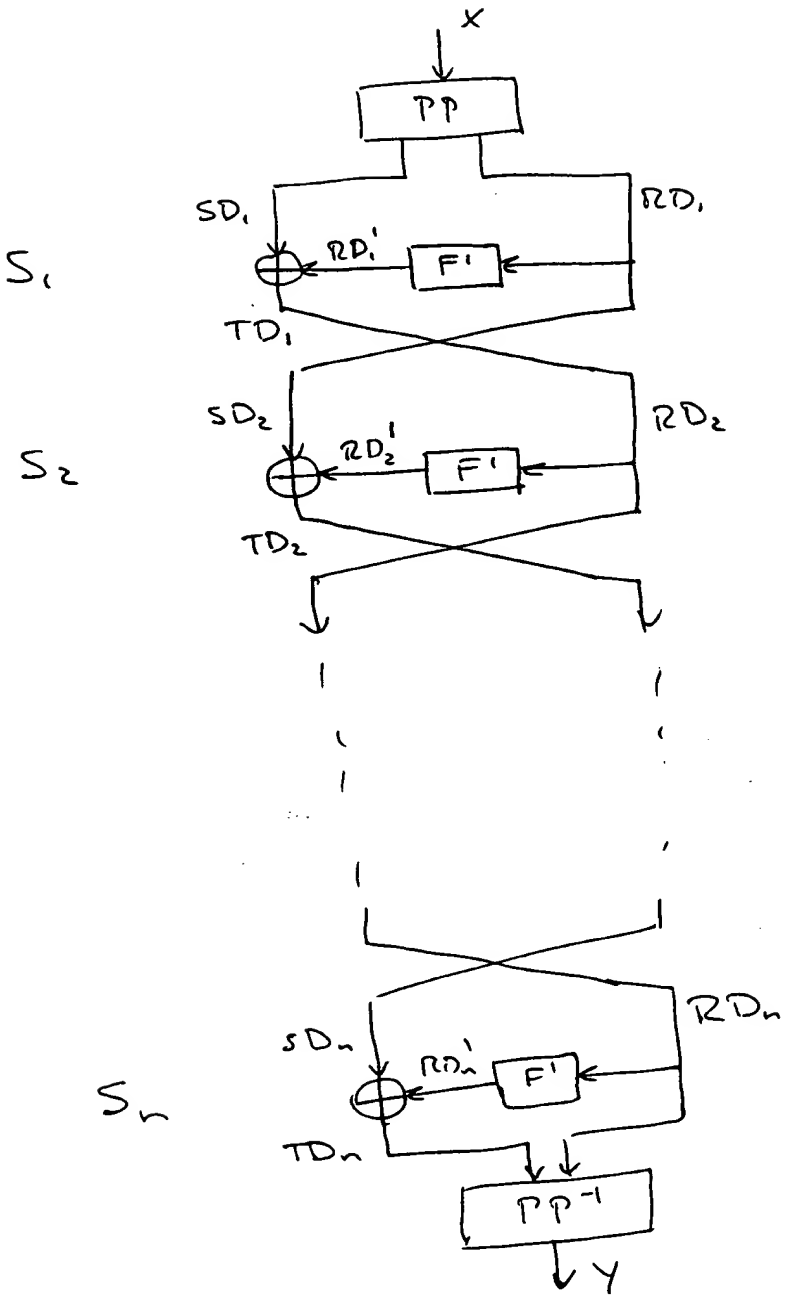

X
PP
SD1
RD1
RD1'
F'
S1
TD1
SD2
RD2
RD2'
F'
S2
TD2
RDn
SDn
RDn'
F'
Sn
TDn
PP-1
Y

Fig. 6

KINGDOM OF THE (crest) NETHERLANDS

PATENT OFFICE

This certifies that in the Netherlands, on 30 December 1998, a patent application was filed under number 1010921, in the name of:

Koninklijke KPN N.V.

of Groningen

for: "Method and device for cryptographically processing data".

Rijswijk, 1 October 1999.
On behalf of the Chairman of the Patent Office,

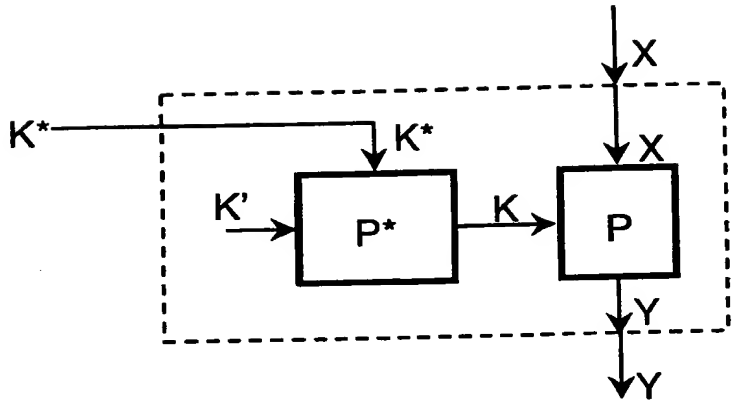
(signature)

(A.W. van der Kruk)

ABSTRACT

In the event of cryptographically processing data, said data (X) and a key (K) are fed to a cryptographic process (P), which may be a known process. In order to veil the nature of the process (P), there are fed auxiliary values to the process, such as a supplementary key (K*), using which a supplementary process (P*) generates the key proper (K). The combination of the original process (P) and the supplementary process (P*) provides an unknown process, the relationship between the supplementary key (K*) and the processed data (Y) being unknown. As a result, there is obtained an improved cryptographic security.

(FIG. 2)


X
K*
K*
X
K'
P*
K
P
Y
Y

Method and device for cryptographically processing data.

BACKGROUND OF THE INVENTION

The invention relates to a method for cryptographically processing data, comprising feeding, to a cryptographic process, values, namely, the data and a key, and carrying out the process in order to form cryptographically processed data. Such method is generally known.

For cryptographically processing data, in practice there are often applied generally known processes. Examples of such cryptographic processes (algorithms) are DES and RSA [DES = Data Encryption Standard and RSA = Rivest, Shamir & Adleman], which are described, e.g., in the book ''Applied Cryptography'' by B. Schneier (2nd edition), New York, 1996.

Said processes are published since it was assumed that, in the event of sufficiently large key lengths, it would be impossible, on the basis of the processed data, to retrieve the original data and/or the key, even if the cryptographic process were known.

Recently, however, there were discovered attacks which are based on knowledge of the cryptographic process. In other words, since the behaviour of the process is known, in the event of certain attacks it becomes considerably more simple to derive the key used and/or the original data. It will be understood that such is undesirable.

SUMMARY OF THE INVENTION

The object of the invention is to solve the above problem by indicating a method and circuit, for carrying out a cryptographic process, which render the derivation of the key in the event of application of a known (i.e., public) cryptographic process considerably more difficult or even impossible. For this purpose, a method of the type referred to in the preamble according to the invention is characterised by feeding, to the process, auxiliary values in order to mask the values used in the process.

By masking the date and/or key(s) it becomes considerably more difficult to derive said values on the basis of the behaviour of the process. The result of the process, i.e., the collection of processed data, in the event of a suitable choice

of the auxiliary values may be unchanged, i.e., identical to the result of the process, if no auxiliary values have been fed to it. In this connection, an ''auxiliary value'' is understood to mean a value (data or key) which is fed to the process as a supplement to the corresponding data and key.

The invention is therefore based on the insight that the derivation of the values used in a cryptographic process is rendered considerably more difficult if said values are masked using auxiliary values.

The invention is partly based on the further insight that the use of auxiliary values does not necessarily affect the outcome of the process.

In a first embodiment of the invention, an auxiliary value comprises a supplementary key which is fed to a supplementary process in order to form the key.

By applying a combination of a known process and a supplementary process, there is formed a new cryptographic process, unknown per se, even if the supplementary process is also known per se.

By deriving the key used for the known process (primary key) from a supplementary key (secondary key) using a supplementary process, there is achieved that not the (primary) key of the known process but the supplementary (secondary) key is offered to the combination of processes. In other words, externally the supplementary (secondary) key, and not the real (primary) key of the process proper, is used. Derivation of the key from the original data and the processed data has thereby become impossible. In addition, the derivation of the supplementary key has been rendered seriously more difficult, since the combination of the original process and the supplementary process is not known.

Said embodiment of the invention is therefore based, inter alia, on the insight that the being known of a cryptographic process is undesirable, such contrary to what was so far assumed. Said embodiment is also based on the further insight that attacks which elaborate on knowledge of the process become considerably more difficult if the process is unknown.

The supplementary process preferably comprises a cryptographic process. This renders the derivation of the supplementary key more difficult. Basically, however, a simple

encoding may be applied, e.g., as a supplementary process. In the event of a cryptographic process, there is preferably applied an auxiliary key.

The supplementary process advantageously is an invertible process. This enables the application of the method according to the invention in existing equipment with minimum modifications. If, e.g., a first device gives off a (supplementary) key which is applied in a second device according to the invention, then in the first device there may be used the inverse of the supplementary process to derive the supplementary key from the original key. In other words, although in both the first and the second device internally the original (primary) key is used, there is exchanged, between the devices, the supplementary (secondary) key. Intercepting the supplementary key, however, does not result in knowledge of the original key.

It may be advantageous if carrying out the supplementary process takes place exclusively if the data has predetermined properties. In this manner, cryptographic processing may be carried out for specific, selected data only, while such is blocked for all other data. In this manner, there is achieved a supplementary protection.

An optimum security is provided if the process and the supplementary process are each constructed of several steps and in which there are alternately carried out steps of the process and the supplementary process. As a result, the properties of the known process are further veiled, as a result of which the derivation of the keys is further complicated.

In a second embodiment of the invention, the process comprises several steps, each of which has a cryptographic operation for processing first data derived from the data and a combinatory operation for combining the processed first data with second data derived from the data, in order to form third data, in which the first data is repeatedly combined with a first auxiliary value. As a result, it is possible to mask data used in the cryptographic processing.

The processed first data is preferably repeatedly combined with a second auxiliary value. As a result, it is possible to mask the third data.

The second auxiliary value of a step is advantageously formed from the combination of the first auxiliary value of the

preceding step and the first auxiliary value of the next step. As a result, it becomes possible to compensate the first auxiliary value in the repeatedly next step, as a result of which said first auxiliary value will not make itself felt in the end result of the process. A further masking of all data, particularly in the first step, is achieved if the first auxiliary value of the first step is also combined with the second data.

It is possible to carry out the method according to the invention in such a manner, that all first auxiliary values are equal. As a result, a very simple practical realisation is possible. The use of several auxiliary values, which are preferably random numbers, however, offers a greater cryptographic security.

A further simplification of said embodiment may be obtained if the first auxiliary values and/or second auxiliary values repeatedly have been combined in advance with the operation in question. This is to say, combining with auxiliary values is processed in the operation in question (e.g., a substitution), in such a manner that the result of the operation in question is equal to that of the original operation plus one or two combinatory operations with auxiliary values. By in advance including in the operation the combinatory operations, a more simple and faster practical realisation is possible.

Said combinatory operations are preferably carried out using an XOR operation [XOR = eXclusive OR]. Other combinatory operations, however, such as binary adding, are basically possible as well.

The invention further provides a circuit for carrying out a method for cryptographically processing data. In addition, the invention supplies a payment card and a payment terminal provided with such circuit.

Below, the invention will be further explained on the basis of the exemplary embodiments shown in the figures.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

FIG. 1 schematically shows a cryptographic process according to the prior art.

FIG. 2 schematically shows a first cryptographic process according to a first embodiment of the invention.

FIG. 3 schematically shows a second cryptographic process according to a first embodiment of the invention.

FIG. 4 schematically shows a way in which the processes of figures FIG. 1 and 2 may be carried out.

FIG. 5 schematically shows a first cryptographic process according to a second embodiment of the invention.

FIG. 6 schematically shows a second cryptographic process according to a second embodiment of the invention.

FIG. 7 schematically shows a circuit in which the invention is applied.

FIG. 8 schematically shows a payment system in which the invention is applied.

PREFERRED EMBODIMENTS

A (cryptographic) process P according to the prior art is schematically shown in FIG. 1. To the process P, there are fed input data X and a key K. On the basis of the key K, the process P converts the input data X into (cryptographically) processed output data Y: $Y = P_K(X)$. The process P may be a known cryptographic process, such as DES (Data Encryption Standard), triple DES, or RSA (Rivest, Shamir & Adleman).

If the input data X and the output data Y are known, it is basically possible to derive the key K used. In the event of a key of sufficiently great length (i.e., a sufficiently large number of bits), it was so far deemed impossible to derive said key, even if the process P were known. Impossible in this case is to say that in theory it is admittedly possible, e.g., by trying out all possible keys, to retrieve the key used, but that such requires an impossibly long computational time. Such ''brute-force attack'' is therefore hardly a threat to the cryptographic security.

Attacks recently discovered, however, make use of knowledge of the process, as a result of which the number of possible keys may be reduced drastically. Deriving the key K used and/or the input data X from the output data Y therefore becomes possible within acceptable computational times.

The principle of the invention, whose object it is to render such attacks considerably more difficult and time-consuming, is schematically shown in FIG. 2. Just as in FIG. 1,

to a (known) process P there are fed input data X and a (secret) key K to generate output data Y.

Contrary to the situation of FIG. 1, in the situation of FIG. 2 the key K is fed to the process P from a supplementary process P*. The supplementary process P* has a supplementary (secondary) key K* as input data to produce, under the influence of an auxiliary key K', the (primary) key K as output data. The key K is therefore not fed, as is the case in the situation of FIG. 1, from an external source (e.g., a memory) to the process P, but is produced by the process P* from the supplementary (secondary) key K*:

$$K = P^*_{K'}(K).$$

It is therefore the secondary key K*, instead of the primary key K, which is predetermined and stored, e.g., in a key memory (not shown). According to the invention, the primary key K, which is fed to the process P, is not predetermined.

The auxiliary key K' may be a permanently stored, predetermined key. It is also possible to apply a supplementary process P* in which no auxiliary key K' is used.

The combination of the processes P and P* forms a new process which is schematically designated by Q. To the process Q which, on account of the supplementary process P*, is unknown per se, the input data X and the (secondary) key K* are fed to produce the output data Y. The relationship between the secondary key K* and the primary key K is veiled by the supplementary process P*.

The supplementary process P* preferably is the inverse of another, invertible process R. This is to say:

$$P^* = R^{-1}.$$

This enables producing the secondary key K* from the primary key K using R and the auxiliary key K':

$$K^* = R_{K'}(K),$$

as will be further explained later by reference to FIG. 5. The new process Q may possibly be extended by the process R, in such a manner that the primary key K, instead of the secondary key K*, is fed to the process Q. The primary key K in this case in the process Q is derived from:

$$K = P^*_{K'}(K^*) = P^*_{K'}(R_{K'}(K)).$$

This enables using the same (primary) key as in the prior art.

The cryptographic process according to the invention, schematically shown in FIG. 3, also comprises a process P having a primary key K and a supplementary process P* having an auxiliary key K', the primary key K being derived from the supplementary key K* by the supplementary process P*. Supplementing the process of FIG. 1, in this case the input data X is also fed to the supplementary process P*, in such a manner that the primary key K is determined partly as a function of the input data X:

$$K = P^*_{K'}(K^*, X).$$

As a result, there is obtained a supplementary cryptographic protection. In addition, as a result the possibility is offered to carry out the supplementary process P* exclusively if certain input data is offered. This is to say that the supplementary process P* may comprise a test of the input data X, and carrying out the supplementary process P* may depend on the result of said test. Thus, the supplementary process P*, e.g., may be carried out only if the last two bits of the input data X equal zero. The effect of such an input data-dependent operation is that only for certain input data X the correct primary key K will be produced in such a manner that only said input data will deliver the desired output data Y. It will be understood that as a result the cryptographic security is further enhanced.

FIG. 4 schematically shows the way in which substeps of the processes P and P* may be carried out alternatingly

(''interleaving'') in order to further enhance the protection against attacks. The substeps may include so-called ''rounds'', such as, e.g., in the case of DES. The substeps, however, preferably comprise only one or a few instructions of a program, with which the processes are being carried out.

In a first step 101, there is carried out a first substep P_1 of the process P. Subsequently, in a second step 102, the first substep P_1* of the supplementary process P* is carried out. Likewise, in a third step 103, the second substep P_2 of the process P is carried out etc. This continues until, in step 110, the last substep P_n* of the supplementary process P* has been carried out, it being assumed, for the sake of the example, that the processes P and P* comprise an equal number of substeps. If such is not the case, in step 110 there is carried out the last corresponding substep, and in further steps the remaining substeps are carried out.

By alternating the substeps of the process P, which is known per se, and the process P* (possibly known per se as well), there may be obtained a series of substeps which does not correspond to that of a known process. As a result, the nature of the process is more difficult to recognise.

The cryptographic process schematically shown in FIG. 5 comprises several steps S (S_1, S_2, ...). In each step S, first data FD is fed to a cryptographic operation F. Said cryptographic operation itself may comprise a number of substeps, such as an expansion, a combination with a key, a substitution and a permutation. The cryptographic operation F provides processed first data FD', which is combined, in a combinatory operation C (C_1, C_2, ...), with second data SD to form third data TD which, just as the first data FD, is passed on to the next step. The first and second data were derived, in a preceding operation PP, from input data X and, in doing so, may undergo a preparatory permutation. The output data of the last step forms the processed data Y of the method, possibly after it has undergone a final operation, such as an output permutation. As is shown in FIG. 5, at the end of each step S the third data TD and the first data FD exchange positions, in such a manner that they form the first data FD and the second data SD of the next step, respectively.

In accordance with the invention, the data present in and between the steps is masked with auxiliary values. Thus, in the step S2, there is a supplementary first combinatory operation AC_1 present which combines the first data FD_2 with a first auxiliary value A_1 before this data is fed to the cryptographic operation F. Furthermore, a supplementary combinatory operation BC_2 is inserted between the cryptographic operation F and the combinatory operation C_2 with the purpose of combining the processed first data FD'_2 with a second auxiliary value B_2. All combinatory operations are preferably XOR operations.

Combining the first data FD_2 with the first auxiliary value A results in the processed data in the cryptographic operation F being masked. Combining with the second auxiliary value B results in a further masking.

In accordance with a further aspect of the invention, the auxiliary values A and B are related. The second auxiliary value B is formed, preferably using an XOR operation, from the first auxiliary value A_1 of the previous step and the first auxiliary value A of the next step. This results in the first auxiliary value A repeatedly being compensated in the next step. The first auxiliary value, however, does make itself felt in the third data TD, in such a manner that this remains masked between two steps. In the first step S_1, the second auxiliary value B_1 preferably equals the first auxiliary value A_2 of the second step S_2.

In the process of FIG. 6, which largely corresponds to that of FIG. 5, the combinatory operations AC and BC are combined with the cryptographic operation to form a combined operation F'. Integrating the combinatory operations is possible by suitably adjusting, e.g., a substitution table of the operation F. As a result, the supplementary combinatory operations AC and BC may be omitted.

FIG. 7 schematically shows a circuit 10 for implementing the method according to the invention. The circuit 10 comprises a first memory 11, a second memory 12 and a processor 13, the memories 11 and 12 and the processor 13 being coupled using a data bus 14. By providing two memories, it is possible each time to carry out a substep of one of the processes P and P* (see FIG. 4), to store the result of said substep in, e.g., the first memory 11, and from the second memory 12 to transfer a previous interim result from the other process to the processor 13. In

this manner, it is possible to efficiently carry out the alternating computation of substeps of two different processes.

The payment system schematically shown in FIG. 8 comprises an electronic payment means 1 and a payment station 2. The electronic payment means 1 is, e.g., a so-called smart card, i.e., a card provided with an integrated circuit for storing and processing payment data. The payment station 2 comprises a card reader 21 and a processor circuit 22. The processor circuit 22 may correspond to the circuit 10 of FIG. 5.

At the beginning of a transaction, the payment means 1 transmits an identification (card identification) ID to the payment station 2. By reference to said identification, the payment station 2 determines a key which will be used for said transaction. Said identification ID may be fed as input data X (see the figures 1-3) to a cryptographic process which, on the basis of a master key MK, produces an identification-dependent transaction key K_{ID} as output data Y. In accordance with the invention, for this purpose the process shown in the figures FIG. 2 and 3 is used, the master key MK having been converted in advance, using a process R, into a supplementary master key MK*. Said supplementary master key MK* is now fed, preferably together with the identification ID, in accordance with FIG. 3, to the supplementary process P* in order to reproduce the original master key MK and to derive the transaction key K_{ID} from the identification ID.

Although, in the figures FIG. 2 and 3, there is always shown one single supplementary process P*, there may possibly be used several processes P*, P**, P***, ... in series and/or in parallel to derive the primary key K.

It will be understood by those skilled in the art, that many modifications and amendments are possible without departing from the scope of the invention.

CLAIMS

1. Method for cryptographically processing data, comprising feeding, to a cryptographic process (P), values, namely, the data (X) and a key (K), and carrying out the process (P) in order to form cryptographically processed data (Y), characterised by feeding, to the process (P), auxiliary values (K*; A, B) in order to mask the values (K; D) used in the process (P).

2. Method according to claim 1, wherein an auxiliary value comprises a supplementary key (K*) which is fed to a supplementary process (P*) in order to form the key (K).

3. Method according to claim 2, wherein the supplementary process (P*) comprises a cryptographic process to which an auxiliary key (K') is fed.

4. Method according to claim 2 or 3, wherein the supplementary process (P*) is an invertible process.

5. Method according to claim 2, 3 or 4, wherein the data (X) is also fed to the supplementary process (P*).

6. Method according to claim 5, wherein carrying out the supplementary process (P*) takes place exclusively if the data (X) has predetermined properties.

7. Method according to any of the claims 2-6, wherein the process (P) and the supplementary process (P*) each are built up from a number of steps, and wherein steps of the process (P) and the supplementary process (P*) are alternated. carried out.

8. Method according to any of the preceding claims, wherein the process (P) comprises a number of steps (S), each having a cryptographic operation (F) for processing first data (FD) derived from the data (X) and a combinatory operation (C) for combining, with second data (SD) also derived from the data (X), the processed first data (FD') in order to form third data (TD), and wherein the first data (FD) is each time combined with a first auxiliary value (A).

9. Method according to claim 8, wherein the processed first data (FD') is each time combined with a second auxiliary value (B).

10. Method according to claims 8 and 9, wherein the second auxiliary value (B) of a step is formed from the combination of the first auxiliary value (A) of the preceding step and the first auxiliary value (A) of the next step.

11. Method according to claim 8 or 10, wherein the first auxiliary value (A) of the first step is also combined with the second data (SD).

12. Method according to any of the claims 8-11, wherein all first auxiliary values (A) are equal.

13. Method according to any of the claims 9-12, wherein he first auxiliary values (A) and/or second auxiliary values (B) are each time combined with the respective operation (F) in advance.

14. Method according to any of the claims 8-13, wherein combining is carried out using an XOR operation.

15. Method according to any of the preceding claims, wherein the data (X) comprises identification data of a payment means (1) and the processed data (Y) forms a diversified key.

16. Method according to any of the preceding claims, wherein the process (P) comprises DES, preferably triple DES.

17. Circuit (10) for carrying out the method according to any of the preceding claims.

18. Payment card (1), provided with a circuit (10) according to claim 17.

19. Payment terminal (2) provided with a circuit according to claim 17.

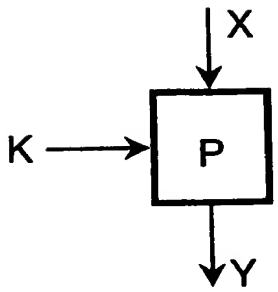


FIG. 1

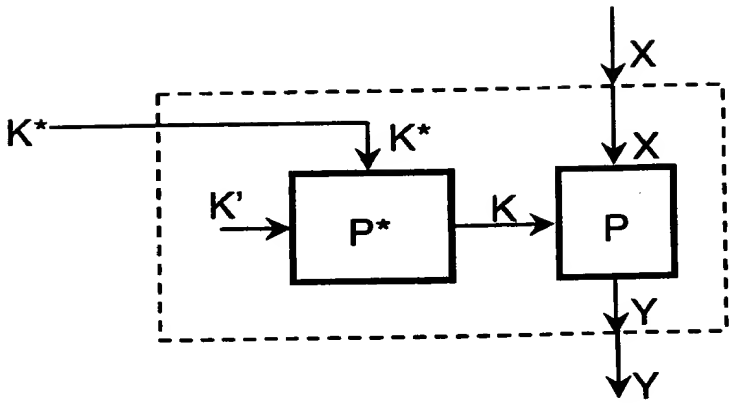


FIG. 2

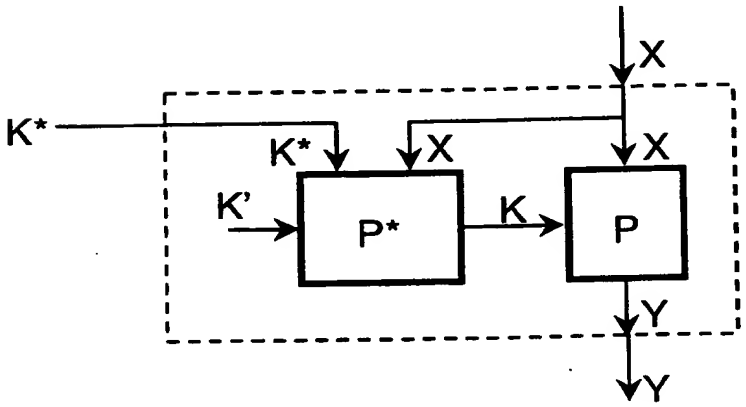


FIG. 3

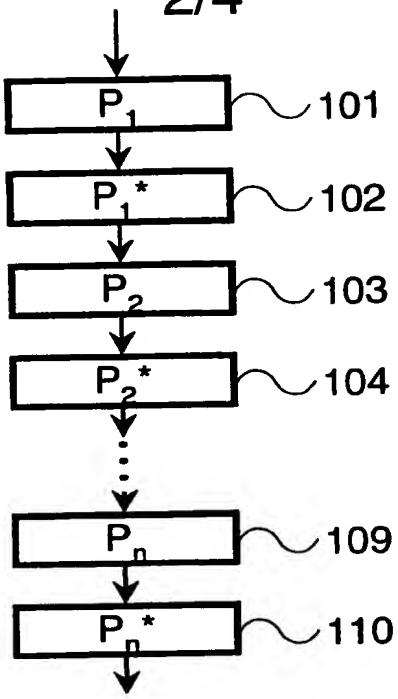


FIG. 4

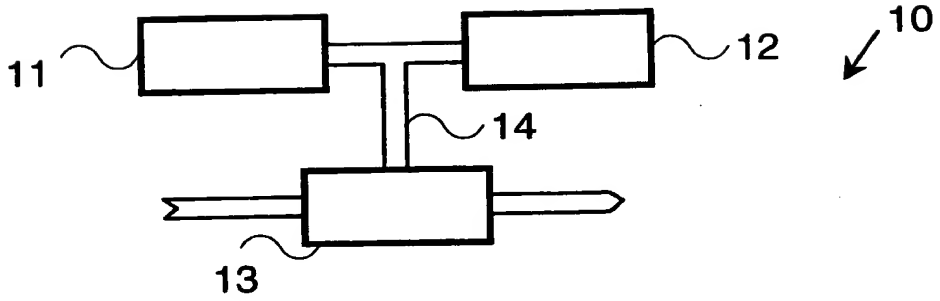


FIG. 7

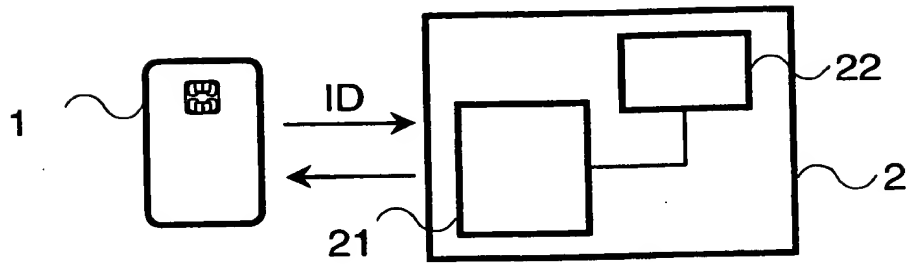


FIG. 8

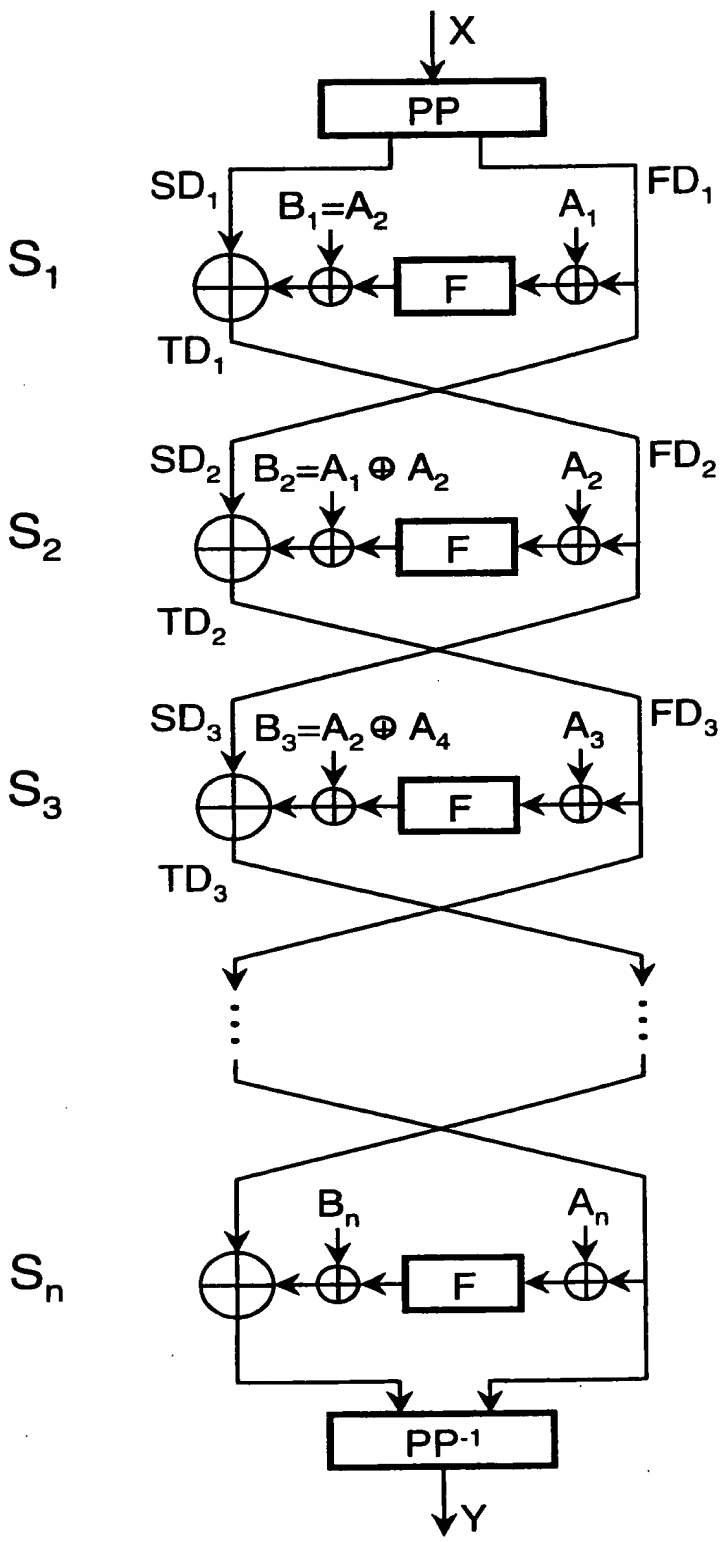

X
PP
SD1
B1=A2
A1
FD1
S1
F
TD1
SD2
B2=A1 ⊕ A2
A2
FD2
S2
F
TD2
SD3
B3=A2 ⊕ A4
A3
FD3
S3
F
TD3
Bn
An
Sn
F
PP-1
Y

FIG. 5

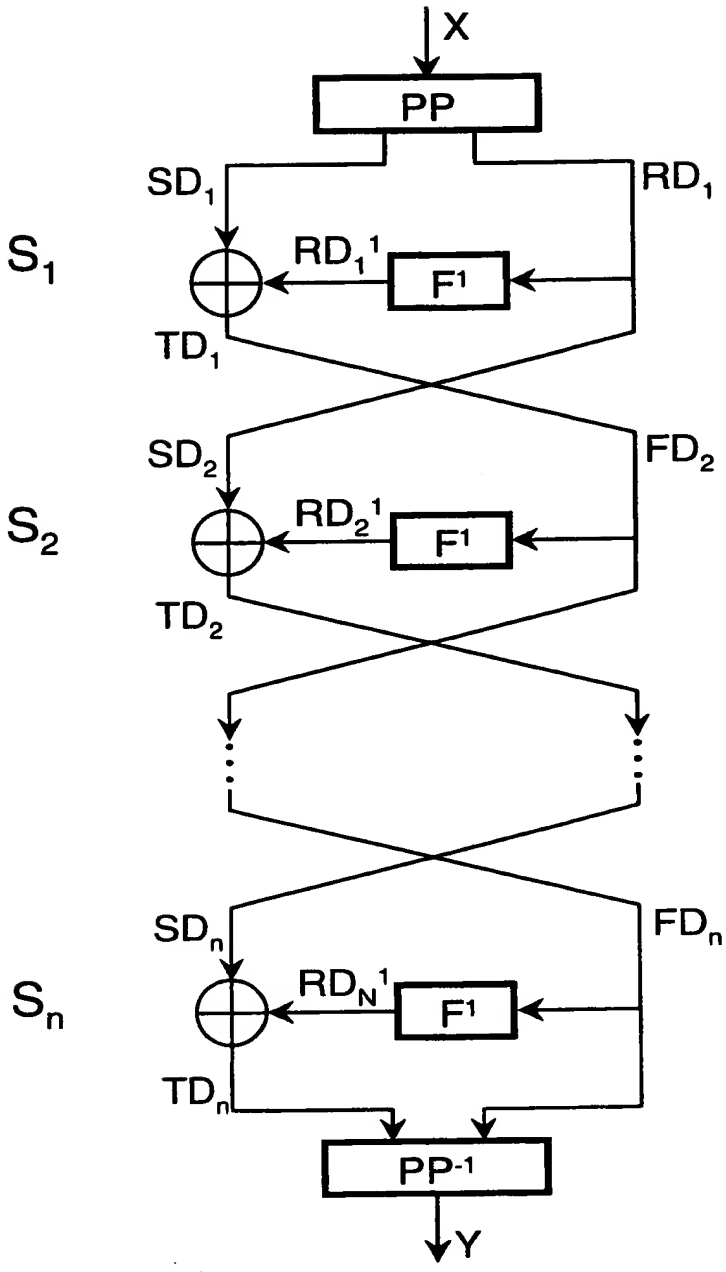

X
PP
SD1
RD1
S1
RD1 1
F1
TD1
SD2
FD2
S2
RD2 1
F1
TD2
SDn
FDn
Sn
RDN 1
F1
TDn
PP-1
Y

FIG. 6